



# BEST AVAILABLE COPY

2FW  
PTO/SB/21 (09-04)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031  
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

## TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Total Number of Pages in This Submission

Application Number	10/707,781
Filing Date	01-12-2004
First Named Inventor	OLSSON
Art Unit	2123
Examiner Name	UNKNOWN
Attorney Docket Number	07589.0150.PCUS00

ENCLOSURES (Check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to TC
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply	<input type="checkbox"/> Petition	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address	<input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	<input type="checkbox"/> Postcard
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> Request for Refund	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)	<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts/ Incomplete Application	<input type="checkbox"/> Landscape Table on CD	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		
Remarks		

### SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm Name	NOVAK DRUCE & QUIGG, LLP		
Signature			
Printed name	Tracy W. Druce		
Date	02/07/2006	Reg. No.	35,493

### CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:

Signature

Typed or printed name

Daniel Hernandez

Date 02/07/2006

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

# PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

**Intyg  
Certificate**

*Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de  
handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och  
registreringsverket i nedannämnda ansökan.*

*This is to certify that the annexed is a true copy of  
the documents as originally filed with the Patent- and  
Registration Office in connection with the following  
patent application.*

(71) *Sökande* **Volvo Articulated Haulers AB, Växjö SE**  
*Applicant (s)*

(21) *Patentansökningsnummer* **0102479-3**  
*Patent application number*

(86) *Ingivningsdatum* **2001-07-10**  
*Date of filing*

*Stockholm, 2004-02-17*

*För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office*

*Hjördis Segerlund*  
*Hjördis Segerlund*

*Avgift  
Fee* **170:-**

Mkt Patent- och reg.verket

2001-07-10

1 Huvudfaxon Kassan

**Förfarande för att uppskatta en livslängdsreducerande skada på ett för rotation avsett organ****5 UPPFINNINGENS OMRÄDE**

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande för att uppskatta en livslängdsreducerande skada på ett för rotation avsett organ som vid drift utsätts för upprepad belastning, varvid ett antal driftsparametrar mäts och 10 en temperaturökning under varje belastning beräknas utifrån nämnda driftsparametrar, varvid en totaltemperatur i ett parti av rotationsorganet beräknas för varje belastning genom summering av en grundtemperatur hos rotationsorganet innan respektive belastning och 15 nämnda temperaturökning, och varvid värden för totaltemperaturen utnyttjas som mätt för nämnda skada.

Uppfinningen kommer nedan beskrivas i ett fall där rotationsorganet utgörs av en bromslamell i ett fordons färdbroms. Detta skall betraktas som en föredragen, men 20 på intet sätt begränsande applikation av uppfinningen. Rotationsorganet kan vidare utgöras av exempelvis en kopplingslamell i en koppling hos fordonet eller ett kugghjul i fordonets transmission.

25 Uppfinningen kan exempelvis appliceras hos ett transportmedel, såsom ett fordon, en farkost eller annat transportredskap, såsom ett rälsgående transportmedel. Med fordon avses diverse markgående fordon, såsom fordon uppvisande hjul eller larvband. Uppfinningen är i synnerhet lämplig att appliceras hos en entreprenadmaskin, såsom en hjullastare, grävmaskin 30 eller ett ram- eller midjestyrt fordon, även kallad dumper. Uppfinningens användningsområde är emellertid

Int. Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoxen Kassan

2

inte begränsad till dessa applikationer, utan kan även appliceras i stationära anordningar.

## TIDIGARE TEKNIK

5 I US 5,723,779 beskrivs ett system för att få fram en indikation på kvarvarande livslängd hos en friktionskoppling. Man antar att kopplingsskivans temperatur är en avgörande parameter för dess livslängd. Kopplingsskivans temperatur bestäms genom en summering 10 av en temperaturökning vid en aktivering av kopplingen och kopplingsskivans grundtemperatur innan en aktivering av kopplingen. Man adderar alltså dessa två värden och får ett mått på kopplingsskivans temperatur under aktiveringens. Man mäter ett flertal parametrar för 15 nämnda beräkning; varvtalsskillnad i kopplingen, trycket i oljan som tillförs kolven som genererar ingrepp av kopplingen, och belastningstid. Dessutom mäts temperaturen hos kopplingens kylmedel. Denna temperatur utnyttjas som ett mått på kopplingsskivans grundtemperatur innan varje inbromsning.

Det har emellertid visat sig att det vore önskvärt med ett sätt att prediktera förbrukad livslängd på, som ger ett i förhållande till systemet enligt US 5,723,779 mer 25 noggrant resultat.

Det kan vidare nämnas att det finns tillgängliga metoder för noggrann beräkning av temperaturfördelning i ett belastat rotationsorgan, såsom FEM (Finite Element Methods). Sådana metoder kräver emellertid stor datorkraft och tar relativt lång tid, vilket gör dem mindre lämpliga för vissa applikationer, såsom vid högfrekvent mätning, beräkning och loggning av data.

Ink i Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoxen Kossan

3

och speciellt då beräkningen skall utföras i en dator hos ett fordon.

## SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

5 Ett syfte med uppfinningen är att åstadkomma ett förfarande som ger en i förhållande till tidigare teknik mer noggrann uppskattning av förbrukad skada hos ett i drift belastat rotationsorgan på ett beträffande datorkapacitet effektivt sätt.

10

Detta syfte uppnås genom att det parti av rotationsorganet som totaltemperaturen beräknas för definierar en yta som påverkas då rotationsorganet belastas, att för temperaturökningsberäkningen utnyttjas två uppsättningar av förutbestämda funktioner, vilka var och en innehåller åtminstone en funktion, och att den uppsättning som utnyttjas för temperaturökningsberäkningen väljs beroende av åtminstone rotationsorganets karaktär.

15

Yttemperaturen hos ett rotationsorgan i form av exempelvis en bromslamell utgör ett bra mått på skada/slitage på lamellen. Baserat på yttemperatutförändringar kan därför en återstående livslängd hos 25 lamellen beräknas.

Det har visat sig att rotationsorganets totaltemperatur på ett mycket noggrant sätt kan beskrivas med enbart de två uppsättningarna funktioner. Härigenom skapas förutsättningar för att på ett tids- och beträffande datorkapacitet effektivt sätt beräkna och logga värden för beräkning av åstadkommen skada/förbrukad livslängd.

Int i Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

4

Med rotationsorganets karaktär avses dess inre struktur och ytter dimensioner. Med andra ord avses exempelvis materialval, egenskaper och tjocklek på rotationsorganet. Enligt det nedan beskrivna utförandet väljs funktionen som skall utnyttjas för temperaturökningsberäkningen inte enbart beroende av rotationsorganets karaktär utan även av belastningens varaktighet i tid.

10 Enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen måts den tid rotationsorganet är ansatt och den uppsättning funktioner som utnyttjas för varje specifik temperaturökningsberäkning även väljs beroende av denna tid. Närmare bestämt beräknas en konstant efter varje belastning baserat på såväl rotationsorganets karaktär som belastningstiden. Då ett beräknat värde på konstanten ligger under ett förutbestämt gränsvärde utnyttjas en första uppsättning funktioner och då ett beräknat värde ligger över nämnda gränsvärde utnyttjas

15 en andra uppsättning funktioner. Det har visat sig att man med hög noggrannhet kan definiera rotationsorganets temperaturändringskarakteristik med nämnda uppsättningar funktioner på ett enkelt och beträffande datorkapacitet effektivt sätt. Med andra ord används gränsvärdet för att definiera vilken funktion som skall utnyttjas och där efter utförs beräkningen med vald funktion.

20 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen väljs den specifika funktion som skall utnyttjas för temperaturökningsberäkningen ur en specifikt vald uppsättning funktioner beroende av belastningstyp. Med belastningstyp avses form på belastningen, vilken exempelvis kan vara triangulär eller rektangulär. Utifrån de uppmätta drifts-

30

Rikt Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

5

parametrarna definieras alltså först belastningstypen, varefter en till den specifika belastningstypen hörande funktion väljs. Härigenom kan man med hög noggranhets beräkna temperaturökningen.

5

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen innefattar var och en av nämnda uppsättningar enbart en funktion, vilken sålunda väljs beroende av belastningstyp. Härigenom kan 10 temperaturökningen beräknas på ett beträffande datorkapacitet effektivt sätt.

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen har var och en av nämnda funktioners grafer sådan form 15 att ett logaritmiskt första uttryck för temperaturökningen ändras linjärt som funktion av ett logaritmiskt andra uttryck för rotationsorganets karaktär och belastningens varaktighet i tid. Närmare bestämt beräknas nämnda andra uttryck som en 20 potensfunktion av belastningens varaktighet i tid dividerat med ett värde för rotationsorganets karaktär. Med denna beräkning av temperaturökningen skapas förutsättningar för ett mycket noggrant värde på åstadkommen skada/förbrukad livslängd.

25

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen lagras det framtagna värdet på totaltemperaturen, eller ett omräknat skadevärde, för 30 varje belastningstillfälle i en position i ett minne, vilken position definierar ett specifikt temperatur- eller skadeintervall. Härigenom skapas förutsättningar för att utnyttja delskadeteorin. Man beräknar närmare bestämt skadan eller en förbrukad livslängd baserat på

Rik. t Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfakten Kassan

6

antalet gånger varje specifika intervall uppnåtts och kunskap om rotationsorganets skadetålighet.

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen

5 mäts tiden mellan två följande belastningscykler och en ny grundtemperatur för den senare belastningen bestäms med hjälp av den uppmätta tiden. Härigenom skapas förutsättningar för att på ett noggrant sätt ta hänsyn till vad som händer med rotationsorganet mellan två

10 belastningar. Den nya grundtemperaturen för den senare belastningen beräknas närmare bestämt med ett uttryck för ett kylförlopp av rotationsorganet efter det att den föregående belastningen avslutats. Detta medför en förhöjd precision i beräkningsförfarandet.

15 Enligt tidigare teknik har man däremot för beräkning av yttemperaturen hos lamellen utgått från mätningar av temperaturen hos kyloljan som tillförs lamellen. En nackdel med att utnyttja kyloljetemperaturen för

20 beräkning av yttemperaturen är att denna är ett relativt onoggrant mått på yttemperaturen speciellt vid just avslutad belastning av lamellen samt vid driftstart av bromsen innehållande lamellen.

25 KORT BESKRIVNING AV FIGURER

Uppfinningen skall beskrivas närmare i det följande, med hänvisning till de utföranden som visas på de bifogade ritningarna, varvid

FIG 1 visar ett blockschema över ett system för att

30 utföra det uppfinningsenliga förfarandet.

FIG 2 visar två grafer för två funktioner som utnyttjas i beräkningen av temperaturökningen enligt ett första utförande.

JMK i Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoxen Kassan

7

FIG 3 visar fyra grafer för två uppsättningar med två funktioner vardera som utnyttjas i beräkningen av temperaturökningen enligt ett andra utförande.

5 FIG 4 visar en graf över bromslamellens yttemperatur som en funktion av tiden vid två inbromsningar.

FIG 5 visar ett samband mellan maximal yttemperatur och antalet belastningscykler i ett diagram.

10 DETAJERAD BESKRIVNING AV FÖREDRAGNA UTFÖRANDE

I figur 1 visas schematiskt i blockform ett system 1 för att utföra ett förfarande för att prediktera en skada på eller förbrukad livslängd för ett för rotation avsett organ 2 med för friktion utsatta ytor. Rotationsorganet 15 2 exemplifieras i beskrivningen nedan med en bromslamell i syfte att underlätta förståelsen av texten. Man antar att bromslamellens temperaturförändringar under inbromsningar har en avgörande betydelse för dess livslängd. Med hjälp av förfarandet nedan predikteras därför 20 förbrukad livslängd för bromslamellen baserat på dessa temperaturförändringar.

Med hjälp av en approximativ beskrivning av yttemperaturens beroende av mätdata beskrivs skadan på bromslamellen. Varje inbromsning ger en temperaturcykel hos bromsskivan. Enligt vidare beskrivet nedan beskrivs bromsens livslängd med antalet yttemperaturcykler i form av en potensfunktion, se figur 5, analogt med den SN-kurva som erhålls vid utmattning.

30 Med hjälp av delskadeteori beräknas därefter vilken skadetålighet som förbrukats av bromscyklerna i relation till från prov erhållen skadetålighet.

Inl i Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoxen Kassan

8

Systemet 1 innehåller en styrenhet (CPU) 3 och en till denna operativt ansluten första sensor 4 för detektering av bromslamellens 2 rotationshastighet, en andra sensor 5 för detektering av ett till 5 bromslamellen pålagt tryck eller en kraft för att aktivera bromslamellen och en tredje sensor 6 för detektering av den tid bromslamellen är ansatt.

Mätningarna av driftsparametrarna utförs med förbestämda 10 tidsmellanrum. Tidsmellanrummen är tillräckligt små för att ett flertal av mätningarna kommer att göras under varje belastning. Mellanrummen mellan mätningarna kan vidare vara olika under belastning och under tiden mellan två belastningar. Mellanrummen mellan mätningarna 15 kan exempelvis vara mindre under belastning än då det roterande organet är i obelastat tillstånd.

Systemet 1 innehåller vidare till styrenheten 3 anslutna medel 7 för beräkning av en totaltemperatur på 20 bromslamellens 2 yta samt medel 8 för lagring av beräknade data. Nämnda totaltemperatur benämns nedan för yttemperatur i syfte att underlätta förståelsen av texten.

25 Styrenheten 3 levererar en utsignal 9 med ett värde på den vid drift uppkomna skadan på eller den förbrukade livslängden för bromslamellen 2.

Enligt det uppfinningsenliga förfarandet beräknar man 30 en maximal temperatur på bromslamellens 2 yta genom att summa en grundtemperatur innan en inbromsning med en temperaturökning under inbromsningen. Nedan redogörs först för en beräkning av en maximal temperaturökning på ytan och därefter för en beräkning av

Sjuk i Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoxen Kassan

9

grundtemperaturen för en följande inbromsning. Den totala temperaturen i partiet av det roterande organet, som definierar en friktionsyta, beräknas upprepade gånger.

5

Beräkning av temperaturökning

Enligt uppfinningen beräknas först ett värde för en så kallad Fourier-konstant,  $F_o$ . Denna Fourier-konstant är beroende av bromslamellens material, tjocklek etc, samt 10 den tid bromslamellen är aktiverad. Fourier-konstanten,  $F_o$ , beräknas närmare bestämt enligt följande:

$$F_o = 4 \cdot a \cdot t / S^2, \text{ där}$$

$$a = \lambda / (\rho \cdot c) = \text{temperaturledningskonstanten}$$

$$\lambda = \text{värmeläderheten}$$

15  $\rho = \text{densitet}$ 
 $c = \text{värmekapacitet}$ 
 $t = \text{tid lamellen är ansatt}$ 
 $S = \text{lamellens tjocklek}$ 

20 Enligt ett första utförande av uppfinningen väljs baserat på den beräknade Fourier-konstanten en av två olika funktioner  $K, L$ , se figur 2. Var och en av funktionerna beskrivs med en rät linje i diagrammet. De två linjära funktionerna har olika lutningskoefficient och skär varandra. Med hjälp av den valda funktionen erhålls ett uttryck för temperaturökningen. Diagrammet har närmare bestämt Fourier-konstanten på x-axeln och nämnda uttryck för temperaturökningen på y-axeln. Både x- och y-axeln har logaritmiska skalar. I det specifika 25 utförandet utnyttjas den första funktionen  $K$  då  $F_o < 0,5$  och den andra funktionen  $L$  då  $F_o > 0,5$ .

30

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

10

Ur uttrycket för temperaturökningen beräknas därefter temperaturökningen.

De två linjära funktionerna K och L i figur 2 är  
5 framtagna på följande sätt;

Från referens [1] är ett uttryck sedan tidigare känt för beräkning av en maximal temperaturökning  $\Delta T$  på ytan.

10

$$\Delta T = \Delta T_0 (1 + 0,15 \cdot F_0^{-1,9}) \quad (1)$$

$$\Delta T_0 = 2 \cdot E / (\rho \cdot c \cdot S), \text{ där}$$

E = värmepulsens energi

15  $\rho$  = densitet

c = värmekapacitet

S = lamellens tjocklek

Detta gäller för en triangulär värmepuls på lamellen.

20

Från referens [2] härleds ett uttryck för yttemperaturen vid rektangulär värmepuls. Detta kan analogt med (1) omformas till

25

$$\Delta T = \Delta T_0 (1 + 1 / (3 \cdot F_0)) \quad (2)$$

Funktionerna (1) och (2) gäller då  $F_0 > 0,5$ .

30

Enligt det första föredragna utförandet av uppfinningen har en anpassning gjorts av kurvorna för de två funktionerna (1) och (2) samt värden från utförda FEM-beräkningar. Kurvanpassningen visade att man med hög noggrannhet kan beskriva den maximala temperaturökningen

2001-07-10

Huvudfaxes Kassan

11

$\Delta T$  på ytan med en potensfunktion, nämligen funktionen  $L$ . Denna funktion kan generellt uttryckas enligt följande;

5  $A = B * (t/t_0)^q$  (3)

där  $t/t_0 = F_0$ , varvid  $t$  = värmepulsens varaktighet och  $t_0 = s^2/(4 \cdot a)$  är en för lamellen karakteristisk konstant.

10  $B$  och  $q$  är konstanter som uttrycker läget respektive lutningen för kurvan.  
 $A$  är ett uttryck för temperaturökningen enligt följande;

15  $\Delta T/\Delta T_0 - 1 = 1/A$  (4)

Det specifika uttrycket för funktionen för den anpassade kurvan  $L$  kan man ta fram med kända kurvanpassningsmetoder. Detta uttryck utnyttjas sälunda 20 som funktion för beräkning av den maximala temperaturökningen  $\Delta T$  på ytan för  $F_0 > 0,5$ .

Från referenserna [1] och [3] kan man ur diagram erhålla parametervärden för en motsvarande formel då 25  $F_0 < 0,5$ . Med andra ord gäller funktionen (3) med andra konstanter  $B$  och  $q$  då  $F_0 < 0,5$ .

En anpassning har gjorts av de framtagna parametervärdena samt värden från utförda FEM-beräkningar. Även denna kurvanpassning visade att man med hög noggrannhet kan beskriva den maximala temperaturökningen  $\Delta T$  på ytan med den linjära funktionen  $K$  för  $F_0 < 0,5$ .

*Ink. i Patent- och reg. verket**2001-07-10**Hovudfoxen Kassan*

12

De två framtagna, linjära funktionerna K,L har visat sig ge en hög noggrannhet i beräkningen av den maximala temperaturökningen  $\Delta T$  på ytan. Vidare kan beräkningarna 5 utföras på ett beträffande datorkapacitet effektivt sätt.

Enligt ett andra föredraget utförande av uppfinningen utförs inte den ovan beskrivna sammanvägningen eller 10 kurvanpassningen av funktionen för triangulär last och funktionen för rektangulär last för att komma fram till en funktion (K respektive L). Istället utnyttjas en första uppsättning M av två funktioner M1,M2 då  $F_0$  understiger ett specifikt gränsvärde och en andra 15 uppsättning N av två funktioner N1,N2 då  $F_0$  överstiger detta specifika värde, se figur 3. De två funktionerna i var och en av uppsättningarna M,N motsvarar olika belastningstyper. Närmare bestämt definierar funktionerna M1 och N1 en rektangulär last och 20 funktionerna M2 och N2 en triangulär last.

Baserat på uppmätta driftsparametrar bestäms vilken typ 25 av lastform som appliceras på bromsskivan. Den första funktionen M1 respektive N1 utnyttjas om det är rektangulär last och den andra funktionen M2 respektive N2 utnyttjas om det är en triangulär last. Gränsvärdet som utnyttjas för  $F_0$  är även här 0,5.

#### Belastningsform

30 För bestämningen av belastningstyp mäts med hjälp av sensorerna 4-6 bromslamellens 2 rotationshastighet ( $v$ ), tillfört tryck ( $p$ ) och den tid ( $t$ ) bromslamellen är ansatt. Med hjälp av de på så sätt uppmätta värdena beräknas energin ( $E$ ) i en inbromsning enligt;

Ink. t. Patent- och reg.verket

2001-07-10

13

Huvudfaxen Kassan

$$E = \sum (k * p * v * dt) \quad (5)$$

där k är en proportionalitetskonstant.

5

För en så kallad triangulär last är  $E = P_{max} * t / 2$  och för en rektangulär last är  $E = P_{max} * t$ , där  $P_{max}$  är max effekt och t är bromstiden. Man beräknar därför  $E / (P_{max} * t)$ , vilket ger ett mått på belastningens form.

10 Det beräknade värdet  $E / (P_{max} * t)$  jämförs med ett gränsvärde. Hamnar det beräknade värdet över gränsvärdet så anses lasttypen vara rektangulär och hamnar det beräknade värdet under gränsvärdet så anses lasttypen vara triangulär. Gränsvärdet väljs i  
 15 tidsintervallet 0,5-1,0, lämpligtvis väljs värdet 0,8. Värdet 0,5 svarar mot en ren triangulär puls och värdet 1,0 svarar mot en ren rektangulär puls. Därefter utnyttjas den funktion som svarar mot det framräknade värdet.

20

Beräkning av grundtemperaturen

Enligt uppförningen görs en uppskattning av  
 25 temperaturen på bromslamellens yta omedelbart innan nästa bromsning börjar. Detta förklaras nedan med hänvisning till figur 4.

Man utgår ifrån beräknad sluttemperatur hos bromslamellens yta efter en inbromsning. Man mäter tiden till nästa inbromsning och via en uppskattning av  
 30 kylförlöppet beräknas grundtemperaturen för nästa inbromsning.

Utifrån en utgångstemperatur  $T_u$ , se figur 4, har vi omedelbart efter bromsningen en yttemperatur  $T_u + \Delta T$  på

Rik Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

14  
 bromslamellen. Temperaturen i lamellen utjämnas emellertid snabbt till  $T_u + \Delta T_o$ , vilket utgör den temperatur, vid vilken kylförlöppet börjar. Temperaturskillnad mellan bromslamellen och dess  
 5 omgivning när kylningen börjar är således  $T_u + \Delta T_o - T_k$ , där  $T_k$  är det kylande elementets temperatur. Om tiden till nästa bromsning är  $t_n$  har vi temperaturen  $T_n$  når nästa bromsning börjar.

10  $T_n = T_k + (T_u + \Delta T_o - T_k) * \exp(-t_n/k_t) \quad (6)$

Där  $k_t = m * c / (\kappa * A) =$  tidskonstanten för kylförlöppet, vilket är känt.

$\kappa =$  kylkonstanten  $W/(m^2 * K)$

15  $A =$  kylarean

$m =$  massan

Med de i samband med figur 2 och 3 ovan beskrivna funktionerna har  $\Delta T_o$  beräknats. Tidmätning ger tiden  $t_n$  vilket medger beräkning av  $T_n$  eftersom övriga parametrar är kända. Det beräknade värdet  $T_n$  utgör grundtemperaturen för nästa inbromsning.

För att reducera risken att den beräknade  
 25 utgångstemperaturen  $T_u$  (och därmed den baserat på utgångstemperaturen beräknade maximala yttemperaturen) växer obegränsat som en konsekvens av någon felaktigt vald konstant eller liknande i beräkningen föreslås att man mäter temperaturen hos kylmediet vid ett längre  
 30 avbrott mellan två inbromsningar och utnyttjar detta värde som ny utgångstemperatur för temperaturberäkningen för den senare inbomsningen. Man antar här

Ink t Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

15

att bromsskivan vid det längre tidavbrottet får ungefär samma temperatur som kylmedlets temperatur.

#### Total yttemperatur

5 Genom att summa det framräknade värdet för grundtemperaturen med den beräknade temperaturökningen för efterföljande inbromsning erhålls ett värde för en maximal total yttemperatur. Härigenom erhålls en förhöjd noggrannhet, speciellt vid upprepade  
10 inbromsningar med så små inbördes tidsavstånd att skivan ej hinner återfå sin tidigare grundtemperatur mellan inbromsningarna.

#### Loggning av data

15 I en matris i systemets minne lagras (eller loggas) antalet gånger bromsskivans yttemperatur uppnår vart och ett av ett flertal specifika, förbestämda temperaturintervall. Med andra ord lagras antalet bromscykler som når upp till olika energinivåer.  
20 Generellt kan man säga att antalet bromscykler lagras i klasser som motsvarar olika energi-, skade- och/eller temperaturintervall.

#### Beräkning av kvarvarande/förbrukad livslängd

25 I figur 5 visas ett samband mellan maximal total yttemperatur och antal bromscykler till utslitning i log-log skalar. Sambandet utgörs av två linjära funktioner O,P med olika lutning. Anledningen till att man utnyttjar två kurvor är att belaget på bromsskivan  
30 bryts ner vid hög temperatur och har en tendens att förkolna. Vid höga temperaturer för belag av papper sker nämligen en kemisk process, karbonisering. Den i figuren vänstra, övre kurvan O beskriver styrkan i en

Ink. t Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

16

bromsskiva vars belag nått så hög temperatur att förkolningen startat.

Lutningen på kurvorna samt brytpunkten mellan den övre  
5 O och den nedre kurvan P erhålls från riggprovning.  
Lutningen på den vänstra, övre kurvan O kan emellertid  
vara svår att få fram med hög noggrannhet och den kan i  
sådant fall uppskattas med exempelvis Arrhenius-  
funktionen.

10

Ett värde på initierell livslängd för det roterande  
organet beräknas alltså med hjälp av utförda reella prov  
och detta värde utnyttjas för beräkningen av den  
återstående livslängden.

15

Bromslameliens styrka beskrivs med

$$Tm1 \cdot N = C1 \quad (\text{gäller för kurvan P})$$

$$Tm2 \cdot N = C2 \quad (\text{gäller för kurvan O}), \text{ där}$$

T är maximal yttemperatur,

20 N är antalet bromscykler, och

m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, är parametervärden som bestäms ur  
riggprovning.

Med hjälp av linjär delskadeteori (Palmgren-Miner)  
25 utvärderas två ackumulerade skadevärden från  
mätningarna

$$D1 = S(Tm1 \cdot n1) \quad (\text{gäller för kurvan P})$$

$$D2 = S(Tm2 \cdot n2) \quad (\text{gäller för kurvan O}), \text{ där}$$

T är maximal yttemperatur,

30 D är skadevärde per tids- eller distansenhet (skada per  
timme eller skada per kilometer), och  
n<sub>1</sub> och n<sub>2</sub> är antalet bromscykler per temperaturnivå och  
tids- eller distansenhet.

Ink. i Patent- och reg.verket

2001-07-10

17  
Delskadevärdet,  $d = L \cdot D1/C1 + L \cdot D2/C2$ 

Nyudriven Kassan

Där  $L$  är användningstiden  $L = d / (D1/C1 + D2/C2)$ 5 Om man vid utslitning anser att delskadevärdet är  $d=1$  erhålls

$$\text{Livslängden} = 1 / (D1/C1 + D2/C2)$$

10 Man kan vidare beräkna återstående användningstid  $L_a$  enligt följande; Användningstiden  $L$  och motsvarande delskadevärdet är kända enligt ovanstående. Om man förutsätter att delskadan är  $d=1$  vid utslitnen komponent, får man

15  $L_a = L \cdot (1-d) / d$

Vidare kan nämnas att för vissa typer av belag uppträder ingen brytpunkt, vilket givetvis förenklar beräkningarna ovan något.

20 Uppfinningen skall inte anses vara begränsad till de ovan beskrivna utföringsexemplen, utan en rad ytterligare varianter och modifieringar är tänkbara inom ramen för efterföljande patentkrav.

25 Exempelvis kan den ovan beskrivna uppskattningen av skada/förbrukad livslängd utföras för sprickbildning i bromsskivor eller belag. Spruckna bromsskivor är ett icke obekant fenomen. Det finns ett nära samband mellan 30 spänningar-töjningar och temperaturer och -gradienter. Eftersom vi mäter temperatur och antal bromscykler har vi underlag för att uppskatta tiden för initiering och tillväxt av sprickor i skivor och lameller. Detta förutsätter liksom fallet vid slitage att vi har utfört

Skt. Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

18

riggprov som beskriver sambandet mellan temperaturcykler och sprickbildning. Åven detta kan beskrivas med potensfunktioner och därmed hanteras analogt med slitage enligt ovan. Ett exempel på beräkning av  
5 sprickbildning i bromsskivor eller belag beskrivs nedan;

Ytan på en solid kropp får plötsligt en temperaturhöjning  $\Delta T$ , som medför en tryckspänning,  $St$ ,  
10 på ytan som enligt referens [4] blir

$$St = \Delta T \cdot \alpha \cdot E / (1 - \nu)$$

Där  $\alpha$  = temperaturutvidgningskonstanten (1/grad)

15  $E$  = elastivitetsmodulen  
 $\nu$  = Poissons konstant

Som synes är spänningen linjär med temperaturhöjningen. Åven om sprickbildning är mycket mer komplex, t ex  
20 temperaturutvidgningen på ytan plasticerar delar som efter svalning får dragspänningar, indikerar det ändå att spänningsnivån är relaterad till temperaturhöjningar och -grader. Sprickbildning och -tillväxt är som känt relaterad till spänningsvariation.

25 Pöljaktligen är det möjligt att med riggprov bestämma sambandet mellan den maximala yttemperaturen och antalet bromscykler till sprickor i skiva eller belag. Detta blir Wöhler-kurv (SN-kurv, eller rättare sagt TN-kurv) analogt med de som ovan används för att bestämma tid till utslitning.

Vid höga temperaturer kan töjningarna bli så stora att vi får olika lutningar i Wöhlerdiagrammet. Genom att

2001-07-10

Huvudfaxon Kassan

19

lägga in en eller flera brytpunkter kan dessa problem också hanteras analogt med förfarandet vid brytpunkt i slitagefallet.

5 Sammanfattningsvis kan man alltså hantera vi sprickproblemet helt analogt med slitageproblemet.

Enligt ett annat exempel kan den ovan beskrivna uppskattningen av skada/förbrukad livslängd utföras för 10 ett kugghjul i en kuggtransmission. Ett visst slitagefenomen på kuggar kan behandlas med samma modell som används ovan för bromsar. Sådant slitage inträffar i samband med överföring av relativt sett stora moment vid höga glidhastigheter. Det kritiska problemet består 15 i att tillräckligt snabbt spola bort den värme som genereras i ingreppet av friktionen. Problemet är således analogt med det problem som vi löst för bromsar. Skadetåligheten erhålls från riggprov. Tidsintegrerat moment och varvtal ger ett mått som är 20 proportionellt mot den energi som utvecklas i kontaktytorna. Perioder med höga moment-varvtal kan betraktas som bromscyklerna enligt ovan. Närmare bestämt kan oljefilmen mellan två kontaktytor brytas ned vid höga belastningar, vilket ger ett kraftigt 25 slitage på kuggen. Tiden mellan belastningarna är tiden det tar för en för ingrepp avsedd kontaktyta hos kugghjulet att förflytta sig till nästa ingreppstillfälle.

30 Referenser

[1] Lauster E. Staberoh U "Värmotechnische Berechnungen bei Lamellenkupplungen" VDI-Z 115 (1973)

2001-07-10

Huvudfaxon Kassan

20

[2] Kruger H. "Das Temperaturverhalten der nassen Lamellenkupplungen" Konstruktion 17 (1963)

[3] Tataiah K. "An Analysis of Automatic Transmission Clutch-Plate Temperatures" SAE 720287

[4] Roark, Raymond J. "Formulas for stress and strain"

10

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30

Ink i Patent- och reg.verket  
2001-07-10  
Huvudfaxen Kassan

## PATENTKRAV

1. Förfarande för att uppskatta en livslångsreducerande skada på ett för rotation avsett organ (2) som vid drift 5 utsätts för upprepad belastning, varvid ett antal driftparametrar mäts och en temperaturökning under varje belastning beräknas utifrån nämnda driftparametrar, varvid en totaltemperatur i ett parti av rotationsorganet beräknas för varje belastning genom 10 summering av en grundtemperatur hos rotationsorganet innan respektive belastning och nämnda temperaturökning, och varvid värden för totaltemperaturen utnyttjas som mätt för nämnda skada,  
kännetecknat av,  
15 att det parti av rotationsorganet som totaltemperaturen beräknas för definierar en yta som påverkas då rotationsorganet belastas, att för temperaturökningsberäkningen utnyttjas två uppsättningar av förutbestämda funktioner (K,L,M,N), vilka var och en innehållar 20 åtminstone en funktion, och att den uppsättning som utnyttjas för temperaturökningsberäkningen väljs beroende av åtminstone rotationsorganets karaktär.
  
2. Förfarande för att uppskatta en livslångsreducerande skada på ett för rotation avsett organ (2) som vid drift 25 utsätts för upprepad belastning, varvid ett antal uppmätta driftparametrar tas emot och en temperaturökning under varje belastning beräknas utifrån nämnda driftparametrar, varvid en totaltemperatur i ett parti 30 av rotationsorganet beräknas för varje belastning genom summering av en grundtemperatur hos rotationsorganet innan respektive belastning och nämnda temperaturökning, och varvid värden för totaltemperaturen utnyttjas som mätt för nämnda skada,

Ink t Patent- och reg.verket

2001-07-10

Huvudfoten Kassan

22

kännetecknats av,

att det parti av rotationsorganet som totaltemperaturen beräknas för definierar en yta som påverkas då rotationsorganet belastas, att för temperaturökningsberäkningen utnyttjas två uppsättningar av förutbestämda funktioner (K,L;M,N), vilka var och en innehållar åtminstone en funktion, och att den uppsättning som utnyttjas för temperaturökningsberäkningen väljs beroende av åtminstone rotationsorganets karaktär.

10 3. Förfarande enligt kravet 1 eller 2,  
kännetecknats av,  
att den tid rotationsorganet (2) är ansatt mäts och att den uppsättning funktioner (K,L;M,N) som utnyttjas för

15 varje specifik temperaturökningsberäkning även väljs beroende av denna tid.

4. Förfarande enligt krav 3,  
kännetecknats av,  
20 att en konstant (Fo) beräknas efter varje belastning baserat på såväl rotationsorganets karaktär som belastningstiden, att då ett beräknat värde på konstanten ligger under ett förutbestämt gränsvärde utnyttjas en första uppsättning funktioner och att då

25 ett beräknat värde ligger över nämnda gränsvärde utnyttjas en andra uppsättning funktioner.

5. Förfarande enligt något av de föregående kraven,  
kännetecknats av,  
30 att den specifika funktion (M1,M2;N1,N2) som skall utnyttjas för temperaturökningsberäkningen väljs ur en specifikt vald uppsättning funktioner beroende av belastningstyp.

Ink t Patent- och reg.verket

2001-07-10

Härudfören Kassan

23

6. Förfarande enligt något av kraven 1-4,  
kännetecknat av,  
att var och en av nämnda uppsättningar enbart  
innehållar en funktion (K,L), vilken sålunda väljs  
5 oberoende av belastningstyp.

7. Förfarande enligt något av de föregående kraven,  
kännetecknat av,  
att var och en av nämnda funktioners grafer har sådan  
10 form att ett logaritmiskt första uttryck för  
temperaturökningen ändras linjärt som funktion av ett  
logaritmiskt andra uttryck för rotationsorganets  
karaktär.

15 8. Förfarande enligt krav 7,  
kännetecknat av,  
att nämnda andra uttryck beräknas som en potensfunktion  
av ett resultat av belastningens varaktighet i tid  
dividerat med ett värde för rotationsorganets karaktär.

20 9. Förfarande enligt något av de föregående kraven,  
kännetecknat av,  
att det framtagna värdet på totaltemperaturen, eller  
ett omräknat skadevärde, för varje belastningstillfälle  
25 lagras i en position i ett minne, vilken position  
definierar ett specifikt temperatur- eller  
skadeintervall.

30 10. Förfarande enligt krav 9,  
kännetecknat av,  
att man beräknar skadan eller en förbrukad livslängd  
baserat på antalet gånger varje specifika intervall  
uppnåtts och kunskap om rotationsorganets  
skadetålighet.

Ink. t Patent- och reg.verket

2001-07-10

24

Huvudfaxes Kassan

11. Förfarande enligt krav 10,  
kännetecknadt av,  
att skadan eller den förbrukade livslängden beräknas med  
5 delskadeteori.

12. Förfarande enligt krav 11,  
kännetecknadt av,  
att förhållandet mellan totaltemperaturen och antalet  
10 belastningscykler beskrivs som en potensfunktion.

13. Förfarande enligt något av de föregående kraven,  
kännetecknadt av,  
att tiden mellan två följande belastningar bestäms och  
15 en ny grundtemperatur för den senare belastningen  
bestäms.

14. Förfarande enligt krav 13,  
kännetecknadt av,  
20 att för ett flertal på varandra följande belastningar  
beräknas den nya grundtemperaturen för en senare  
belastning med hjälp av ett uttryck för ett kylförlöpp  
av rotationsorganet efter det att en föregående  
belastning avslutats.

25  
15. Förfarande enligt krav 13 eller 14,  
kännetecknadt av,  
att vid ett längre tidsavbrott mellan två belastningar  
mäts en temperatur på rotationsorganet och detta  
30 temperaturvärde utnyttjas därefter som ny  
grundtemperatur för en följande belastning.

16. Förfarande enligt något av de föregående kraven,  
kännetecknadt av,

2001-07-10

Huvudfaxen Kassan

25

att de driftsparametrar som mäts utgörs av på rotationsorganet anbringat tryck, rotationsorganets rotationshastighet samt den tid rotationsorganet är ansatt.

5

17. Förfarande enligt något av de föregående kraven, kännetecknat av, att rotationsorganet är skivformigt.

10

18. Förfarande enligt något av de föregående kraven, kännetecknat av, att rotationsorganet utgörs av en lamellskiva i en koppling eller broms.

15

19. Förfarande enligt något av kraven 1-16, kännetecknat av, att rotationsorganet utgörs av ett kugghjul i en kuggtransmission.

20

20. Förfarande enligt något av de föregående kraven, kännetecknat av, att rotationsorganet utgörs av en komponent hos ett fordon.

25

21. Datorprogramprodukt innehållande dataprogramsegment för att utföra samtliga steg enligt något av kraven 1-20 då programmet körs i en dator.

30

22. Datorprogramprodukt innehållande dataprogramsegment som är lagrade på ett datorläsbart medel för att utföra förfarandet enligt något av kraven 1-20 då programmet körs i en dator.

Lik i Patent- och reg.verket

2001-07-10

26

Huvudfoxen Kassan

## SAMMANDRAG

Uppfinningen avser ett förfarande för att uppskatta en livslångsreducerande skada på ett för rotation avsett organ som vid drift utsätts för upprepad belastning. Ett 5 antal driftsparametrar mäts och en temperaturökning under varje belastning beräknas utifrån nämnda driftsparametrar. En totaltemperatur i ett parti av rotationsorganet beräknas närmare bestämt för varje belastning genom summering av en grundtemperatur hos 10 rotationsorganet innan respektive belastning och nämnda temperaturökning, och värden för totaltemperaturen utnyttjas som mätt för nämnda skada. Det parti av rotationsorganet som totaltemperaturen beräknas för definierar en yta som påverkas då rotationsorganet 15 belastas. För temperaturökningsberäkningen utnyttjas två uppsättningar av förutbestämda funktioner (M,N), vilka var och en innehållar åtminstone en funktion, och den uppsättning som utnyttjas för temperaturökningsberäkningen väljs beroende av åtminstone 20 rotationsorganets karaktär.

(Fig. 3)

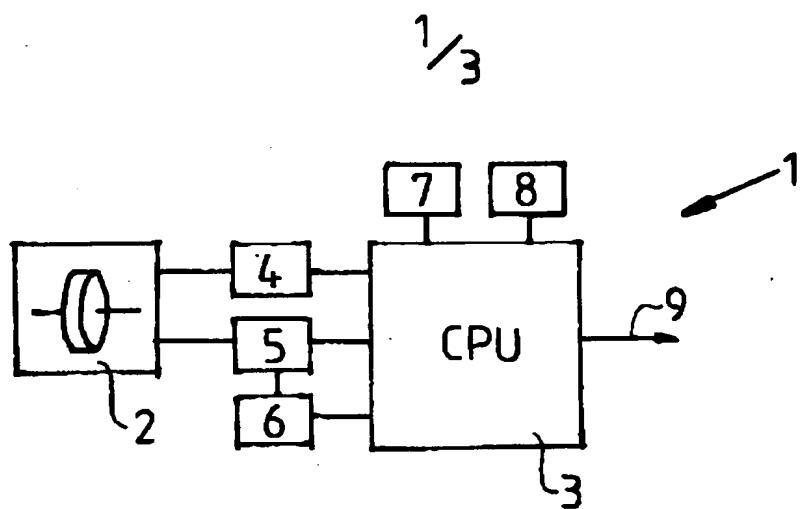


FIG 1

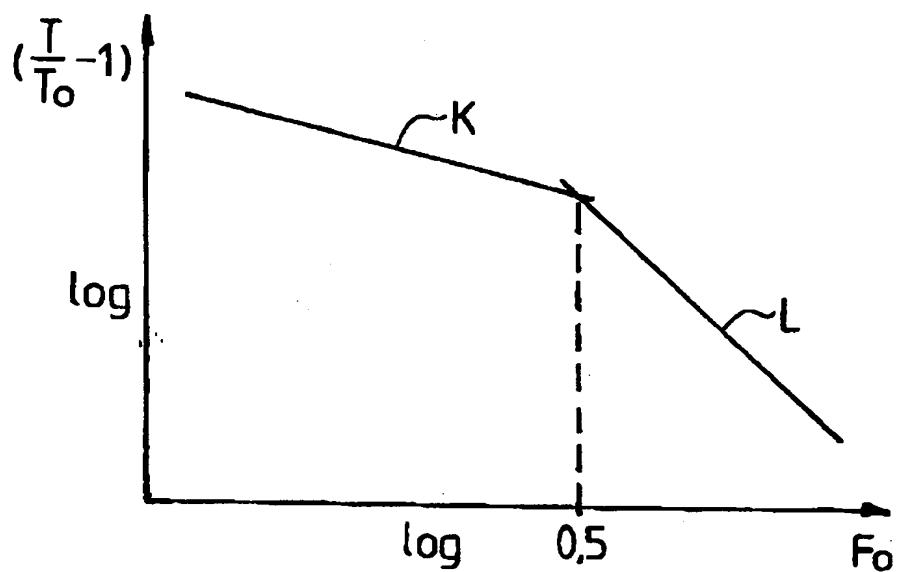


FIG 2

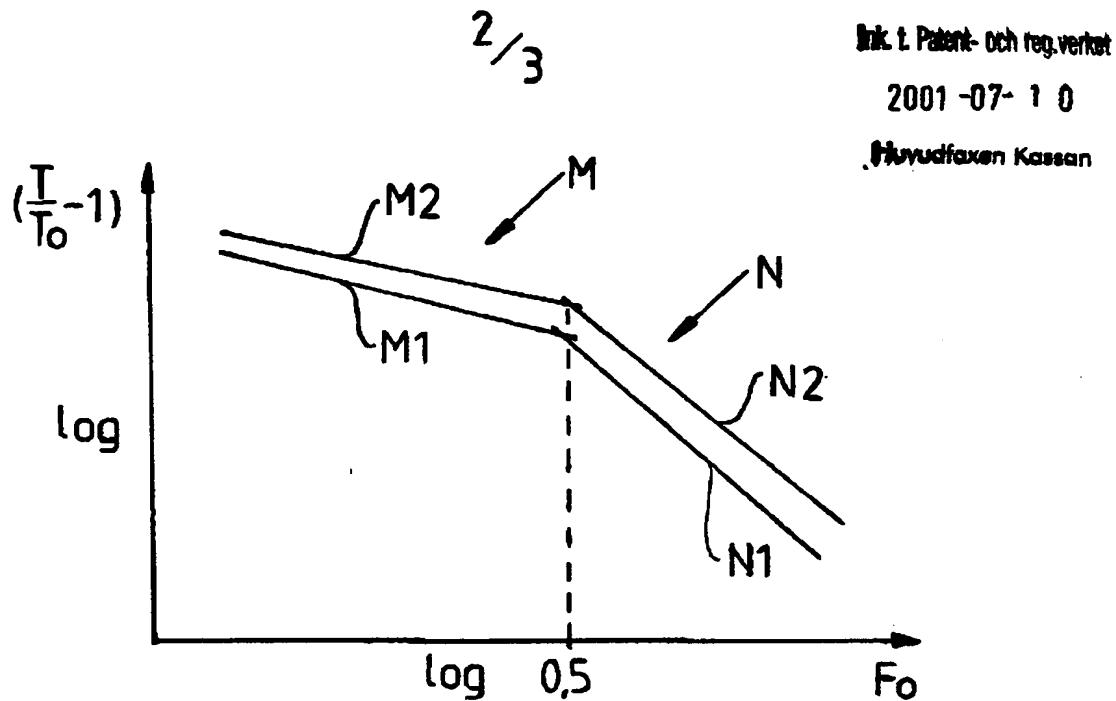


FIG 3

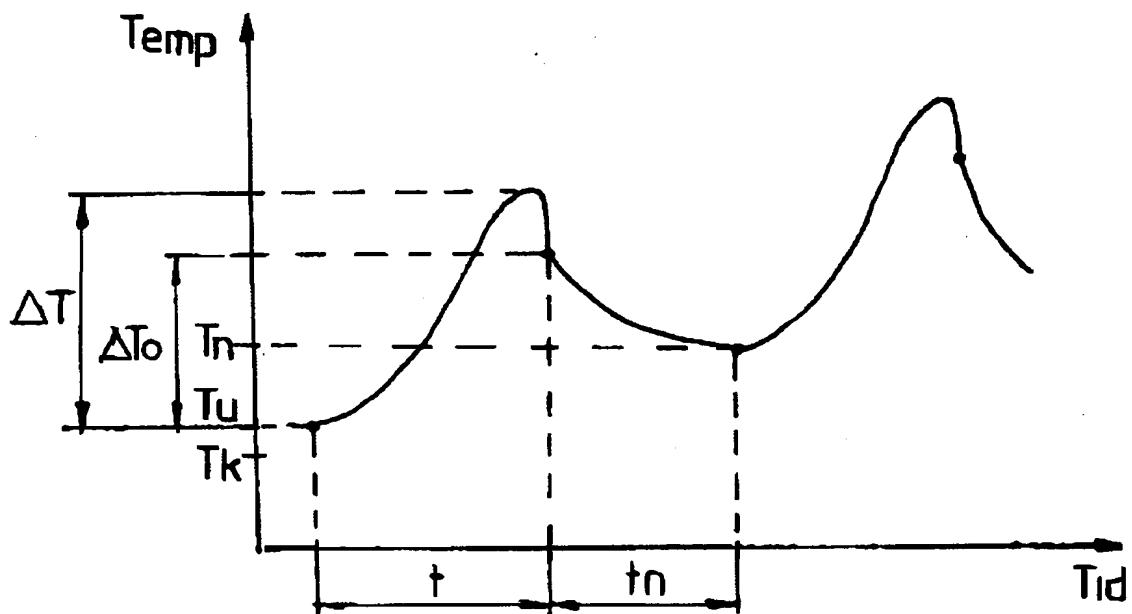


FIG 4

3/3

lik 1 Patent- och ren. verket  
2001-07-10  
Huvudfaxen Kassan

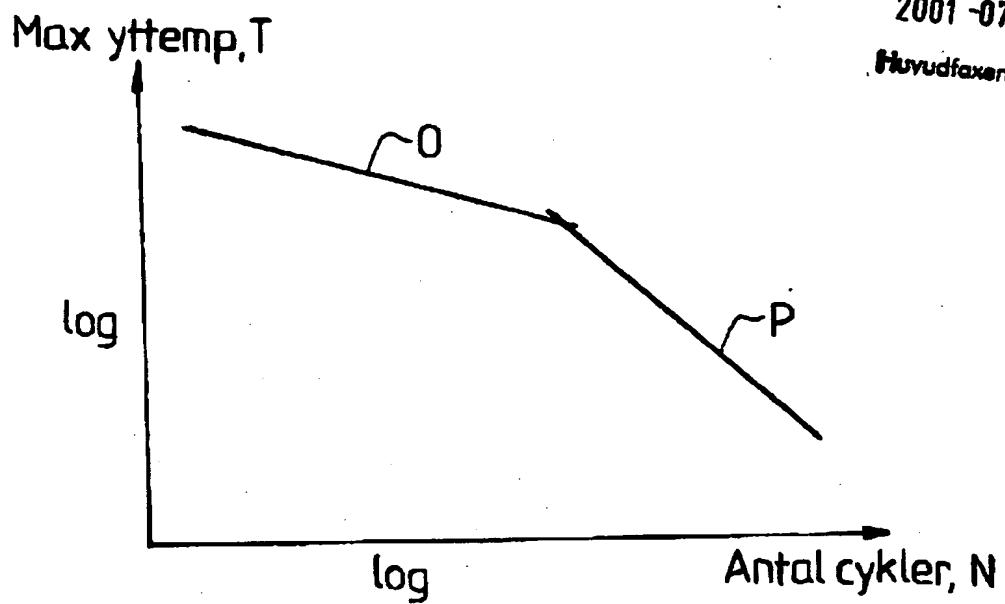


FIG 5

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**